

## BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-235316

(43) 公開日 平成7年(1995)9月5日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>H 0 1 M 8/02  
8/12

識別記号

E 9444-4K  
9444-4K

序内整理番号

F 1

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平6-49671

(22) 出願日 平成6年(1994)2月23日

(71) 出願人 000005189

株式会社フジクラ

東京都江東区木場1丁目5番1号

(72) 発明者 中島 武蔵

東京都江東区木場一丁目5番1号 株式会  
社フジクラ内

(72) 発明者 永田 雅克

東京都江東区木場一丁目5番1号 株式会  
社フジクラ内

(72) 発明者 岩沢 力

東京都江東区木場一丁目5番1号 株式会  
社フジクラ内

(74) 代理人 弁理士 渡辺 丈夫

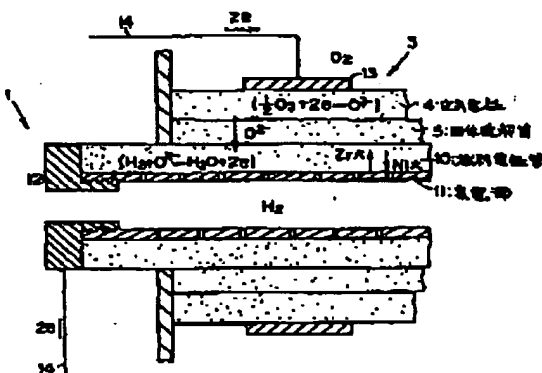
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 円筒形固体電解質燃料電池

(57) 【要約】

【目的】 支持管、燃料電極及び集電体の部分の構成を改善して、集電抵抗を低減し且つ構造を簡素化する。

【構成】 少なくとも筒状に形成される燃料電極6、固体電解質5及び空気電極4を径方向に薄層多層に積層してセル3が構成され、これら燃料電極6と空気電極4にそれぞれ集電手段が設けられる円筒形固体電解質燃料電池であって、金属とセラミックスを混合した多孔質膜の燃料電極の機能を有する筒状の燃料電極管10を有し、この燃料電極管10は内周に金属の集電部11を有すると共に、金属とセラミックスの配合を肉厚方向に傾斜化して、集電手段と支持手段とを兼ねるように形成する。



(2)

特開平7-295316

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも筒状に形成される燃料電極、固体電解質及び空気電極を径方向に薄層多層に積層してセルが構成され、これら燃料電極と空気電極とにそれぞれ集電手段が設けられた円筒形固体電解質燃料電池において、

金属とセラミックスとを混合した多孔質膜の燃料電極の機能を有する筒状の燃料電極管を有し、この燃料電極管は内周に金属の集電部を有すると共に、金属とセラミックスとの配合割合を肉厚方向に傾斜化して、集電手段と支持手段とを兼ねるように形成されていることを特徴とする円筒形固体電解質燃料電池。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、円筒縦断形の固体電解質燃料電池（SOFC）に関し、特に集電手段と支持手段とを兼ねた燃料電極管の構造に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 固体電解質型の燃料電池は、固体イオン導電体としてのセラミックスのジルコニアにイットリアを固溶した安定化ジルコニア（YSZ）が電解質に使用され、その電解質を挟んで燃料電極と空気電極とを形成したものである。この安定化ジルコニアは、1000℃の高温になると酸素イオンの透過性が高くなり、電子導電性がほとんど無く、酸素や水素のガスを透過しない等の特性を有することから、この特性を電解質に利用している。この場合に、イオン透過性が高いとは言え他の方式と比較すると低いため、固体電解質が極めて薄い膜状に生成される。こうして構成要素の全てが固体になるため、電池構造が簡素化し、高温で作動するため電極反応が非常に活発で効率が良くなり、触媒等も不要になる等の利点を有する。

【0003】 一方、固体電解質が1000℃の高温で作動するため、空気電極と燃料電極も必然的にその高温雰囲気となり、高温加熱、強い酸化や還元反応、熱膨張等の影響を受ける。そこで空気電極は、酸素の高温雰囲気中で化学的に安定であり、更に電子導電性が高く、酸素ガスの透過性が高く、電解質との熱膨張の整合が良いことが要求され、このような条件を満たす材料として例えばペロブスカイト形ランタン系複合酸化物を使用して薄い多孔質膜に形成されている。燃料電極は、電子導電性や電解質との熱膨張の整合が良く、水素との燃焼反応や反応物の除去等が良いことが要求され、このため例えば金属のニッケルとジルコニアとの混合物のサーメットを使用して薄い多孔質膜に形成されている。また複数のセルを接続するインターコネクターも、高温雰囲気中で導電性の良いセラミックスが使用されている。

【0004】 これらセラミックスの固体電解質、2つの電極等で実際にセルを構成する場合は、例えば機械的に支持する多孔絶縁性の支持体を使用し、その支持体の

上に各種の薄層を多層に積層形成して、三層一体化膜に構成される。この薄層形成の場合には、各膜に要求される異なった条件を満たすため、各種溶射法、スラリ法等が用いられている。また平板形にした場合は端部でのガスシールの問題があるため、円筒形構造にすることが多い。

【0005】 従来、円筒縦断形の固体電解質燃料電池は、例えば図3のように構成されている。即ち、燃料電池1はアルミナやジルコニアを使用した多孔絶縁性の筒状支持管2を有し、この支持管2の上に軸方向に長い厚みのセル3が配座されている。即ち、支持管2の上の最も内側に複合酸化物の多孔質膜の空気電極4が形成され、この空気電極4の外周側に安定化ジルコニアの固体電解質5が形成され、固体電解質5の外周側の最も外側にニッケルとジルコニアのサーメットの多孔質膜の燃料電極6が形成され、三層一体化膜に構成されている。

【0006】 また集電して外部回路を構成するため、空気電極4の外周一部の軸方向全域に導電性の良いセラミックスのインターコネクター7が外側に露出した状態で形成され、このインターコネクター7と最外側の燃料電極6にそれぞれ金属集電体8、9が接触される。そして金属集電体8、9によりそれぞれ他のセルの燃料電極6'とインターコネクター7'とに接続される。こうして燃料電池1が全体として縦い筒状でセル3を縦横断的に配置した構造となる。

【0007】 そこで燃料電池1の作動時には、セル3を1000℃の高温雰囲気にして支持管2の内部に空気中の酸素を、周周に燃料の水素等を連続的に供給する。すると空気電極4では酸素が外部回路を流れる電子と反応してイオン化され、この酸素イオンが固体電解質5を通過して燃料電極6に達する。そして燃料電極6ではその酸素イオンが水素と結合して電子と水を生じるのであり、このような電気化学的な反応により電気を発生する。この場合にセル3の還元は、水素の還元雰囲気中でインターコネクター7、金属集電体8、9で集電して外に取り出される。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上記従来の技術のものにあつては、特に燃料電極6がニッケルとジルコニアの一定配合のサーメットであり、この燃料電極6に金属集電体8、9を単に接触した構成であるから、集電抵抗が大きくなって、電池の出力低下の原因になっている。また金属集電体8、9により隣接するセル同士を接触しながら接続するため、作業性が悪く、均一な接触抵抗を得ることが難しい。

【0009】 空気電極4と燃料電極6の集電抵抗を低減する方法として、金属または金属混合物をインターコネクター7や燃料電極6の外表面に形成することが考えられるが、製造が面倒になり、他のセルとの接触抵抗の低減は解消されない等の問題がある。

(3)

特開平7-235316

【0010】この発明は、このような点に鑑み、支持管、燃料電極及び集電体の部分の構成を改善して、集電抵抗を低減し且つ構造を簡素化することを目的とするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するためこの発明は、少なくとも筒状に形成される燃料電極、固体電解質及び空気電極を径方向に薄膜多層に積層してセルが構成され、これら燃料電極と空気電極とにそれぞれ集電手段が設けられた円筒形固体電解質燃料電池であって、金属とセラミックスを混合した多孔質膜の燃料電極の機能を有する筒状の燃料電極管を有し、この燃料電極管は内周に金属の集電部を有すると共に、金属とセラミックスとの配合割合を肉厚方向に傾斜化して、集電手段と支持手段とを兼ねるように形成されていることを特徴とするものである。

【0012】

【作用】上記構成によるこの発明では、燃料電極の機能を有する燃料電極管が内周に金属の集電部を有するが、その肉厚方向の金属の傾斜機能で、高温雰囲気中で熱的に整合したものになる。そして電池動作時には、燃料電極管で発生した電子が軸方向に低抵抗で集電される。

【0013】また高温雰囲気では、燃料電極管がその肉厚方向のセラミックスの傾斜機能で固体電解質とセラミックス同士で接合して、大きい接着強度が得られ、固体電解質と空気電極も熱的に整合する。そこでこれら三者は、円周及び軸方向の全域で強固に一体結合し、この結合状態でセルが支持されて支持体等が不要になる。

【0014】

【実施例】以下、この発明の実施例を図面に基づいて説明する。図1と図2において、円筒筒状の固体電解質燃料電池の全体の構成について説明する。符号1は固体電解質燃料電池であり、比較的厚い筒状の燃料電極管10を有し、この燃料電極管10に単一のセル3が配設される。燃料電極管10は、導電性の良い金属のニッケルと、固体電解質5との熱整合性の良い安定化ジルコニアを混合したサーメットの多孔質膜に形成され、軸方向全域で燃料電極としての機能を有する。この場合に、例えば溶射法で製造する場合は、材料の配合割合を制御することにより、外周側では安定化ジルコニアが多く、内周側ではニッケルが多くなるように配合して、肉厚方向に傾斜化され、最も内周にはニッケルのみの多孔性の集電部11が形成されて、集電と支持を兼ねることが可能になっている。

【0015】続いて、セル3の構成について説明すると、上記燃料電極管10の外周側で軸方向の略全域に安定化ジルコニアからなる固体電解質5が形成され、固体電解質5の外周側に同様に複合酸化物の多孔質膜の空気電極4が形成されている。こうして円筒状の燃料電極管10、固体電解質5及び空気電極4が、隙間の無い状態

で径方向に薄膜多層に積層されて、実質的に三層一体化膜に構成されている。そして燃料電極6と空気電極4との配設が従来の場合と逆になることで、内側の燃料電極管10に水素が、外側の空気電極4に空気中の酸素が供給される。

【0016】一方、集電して外部回路を構成するため、内側の燃料電極管10の一端に金属の集電リング12が、内周の集電部11に接するように接合されている。また空気電極4の一部には集電リング13が設けられ、これら集電リング12、13が結線14により他のセルに接続される。

【0017】次に、この実施例の作用について説明する。まず、燃料電池1の動作時にセル3を1000℃の高温雰囲気すると、燃料電極管10、固体電解質5及び空気電極4が高温に加熱される。そこで燃料電極管10では、肉厚方向のニッケルの傾斜機能により内周のニッケルの集電部11との接合箇所が熱的に整合し、このため上記高温雰囲気でも剥離等を生じることなく大きい接着強度が確保される。

【0018】また燃料電極管10と固体電解質5との接合箇所は、燃料電極管10の肉厚方向の安定化ジルコニアの傾斜機能により安定化ジルコニア同士の接合となつて、熱的に整合する。更に、固体電解質5と空気電極4との接合箇所は、セラミックス同士の接合で、当然、熱的に整合する。こうして燃料電極管10、固体電解質5及び空気電極4が、高温雰囲気中で円周及び軸方向の全域で強固に一体結合し、この結合状態でセル3が支持されて支持体等が不要になる。

【0019】続いて、燃料電極管10の内部に燃料の水素等を、周囲に空気中の酸素を連続的に供給すると、燃料電極管10、固体電解質5及び空気電極4が、隙間の無い状態で径方向に薄膜多層に積層することで、これら円周及び軸方向の全域で電気化学的に反応する。即ち、高温雰囲気の空気電極4では酸素が外部回路を流れる電子と活発に反応してイオン化され、このイオンが高温雰囲気の安定化ジルコニアの固体電解質5をその特性により通る。そして燃料電極管10では固体電解質5を通った酸素イオンが水素と活発に結合し、電子と水とを生じるように燃焼反応して効率良く電気を発生する。

【0020】このとき燃料電極管10では軸方向の略全域で発電するが、この電子が内周のニッケルの集電部11により低抵抗で集電され、この電子が集電リング12と結線14により取り出される。また空気電極4では、結線14と集電リング13とにより電子が良好に導入される。

【0021】以上、この発明の実施例について説明したが、燃料電極管の材料、構成が異なる場合も同様に適用できることは勿論である。

【0022】

【発明の効果】以上に説明したようにこの発明によれば

(4)

特開平7-235316

ば、円筒形固体電解質燃料電池において、金属とセラミックスを混合した多孔質膜の燃料電極の機能を有する筒状の燃料電極管を有し、この燃料電極管は内側に金属の集電部を有して構成されているので、特に燃料電極側の軸方向の集電抵抗を大幅に低減できる。また燃料電極管は金属とセラミックスとの配合割合を肉厚方向に傾斜化して、高温雰囲気中で固体電解質と熱的、機械的に強く結合するように構成されているので、支持体等が不要になってセル構造が単純化し、構造の単純化により、製造時間が短縮化し、コスト低減が図れる。そして燃料電極管は金属とセラミックスとの材料で製造されるので、低コスト化を図ることができる。さらにまた円筒縦断形として、円筒状の燃料電極管、固体電解質及び空気電極が、隙間の無い状態で径方向に薄層多層に積層して構成され

るので、発電効率が向上する上に、集電リングと結線とにより隣接するセル同士が接続されるので、モジュール化する際の作業性や抵抗の低減など点で優れたものとなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に係る円筒形固体電解質燃料電池の実施例を示す断面図である。

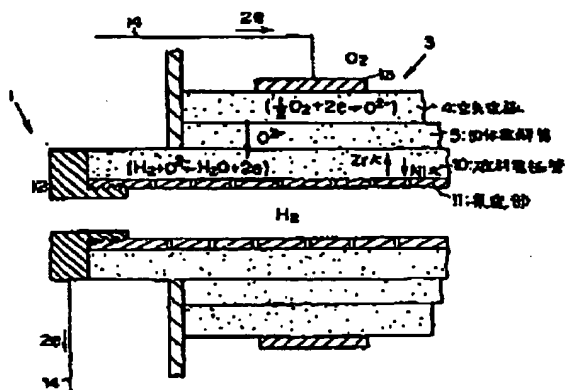
【図2】同実施例の全体の斜視図である。

【図3】従来の円筒縦断形固体電解質燃料電池を示す断面図である。

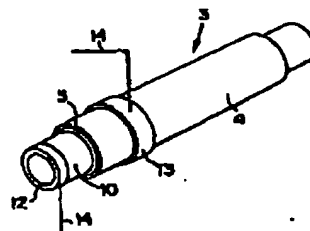
【符号の説明】

1…円筒形固体電解質燃料電池、 3…セル、 4…空気電極、 5…固体電解質、 10…燃料電極管、 11…集電部。

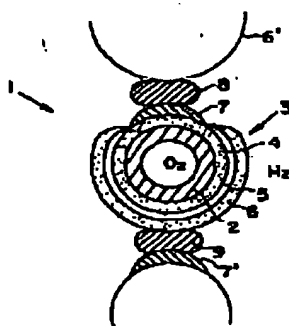
【図1】



【図2】



【図3】



(5)

特開平7-235316

フロントページの続き

(72)発明者 山岡 信  
東京都江東区木場一丁目5番1号 株式会  
社フジクラ内

(72)発明者 小野 幹明  
東京都江東区木場一丁目5番1号 株式会  
社フジクラ内

Translation from Japanese -- AT Code 1597

Agency  
TRANSLATIONS

Page 1

**<sup>19</sup> JAPAN PATENT AGENCY (JP)****<sup>11</sup> Publication of Patent Application****<sup>12</sup> PATENT GAZETTE (A) No. 7-235316**

<b><sup>61</sup> Int Cl.<sup>6</sup></b>	<b>Distinguishing mark</b>	<b>Internal Agency Numbering</b>	<b>FI</b>
H 01 M 8/02	E	9444-4K	
8/12		9444-4K	

**<sup>43</sup> Advertisement date: 5th September 1995****~~Examination. Not requested. Number of Claims: 1. FD. (Total 5 pages)~~****<sup>21</sup> Patent Application: 6-49671****<sup>22</sup> Application date: 23<sup>rd</sup> February 1994****<sup>71</sup> Applicant: Fujikura Ltd**

5-1 Mokujo 1-chome, Koto-ku, Tokyo Prefecture

**<sup>72</sup> Inventor: Takenori Nakajima**

Fujikura Ltd, 5-1 Mokujo 1-chome, Koto-ku, Tokyo Prefecture

**<sup>72</sup> Inventor: Masakatsu Nagata**

Fujikura Ltd, 5-1 Mokujo 1-chome, Koto-ku, Tokyo Prefecture

**<sup>72</sup> Inventor: Tsutomu Iwazawa**

Fujikura Ltd, 5-1 Mokujo 1-chome, Koto-ku, Tokyo Prefecture

**<sup>72</sup> Inventor: Satoru Yamaoka**

Fujikura Ltd, 5-1 Mokujo 1-chome, Koto-ku, Tokyo Prefecture

**<sup>72</sup> Inventor: Mikiyuki Ono**

Fujikura Ltd, 5-1 Mokujo 1-chome, Koto-ku, Tokyo Prefecture

**<sup>74</sup> Agent: Takeo Watanabe, Patent Attorney**

Translation from Japanese - AT Code 1597

ACADEMY  
TRANSLATIONS

Page 2

## SPECIFICATIONS

### 1. Title of the Invention

Cylindrical Solid Electrolyte Fuel Cell

### 2. Claims

- (1) A cylindrical solid electrolyte fuel cell in which the cell consists of at least fuel electrodes that are formed as tubes, solid electrolytes and air electrodes that are layered diametrically as a plurality of layers of thin membranes, the fuel electrodes and the air electrodes being provided with current collection means, such cylindrical solid electrolyte fuel cell possessing a cylindrical fuel electrolyte tube that possesses the functions of a mixed metal ceramic porous membrane fuel electrode, the fuel electrode tube possessing a metallic current accumulator part on the inner circumference thereof and the metal and ceramic mixture being inclined towards the direction of the thickness and serving as both a current collection means and a support means.

### 3. Detailed Description of the Invention

#### Relevant area of industry

This invention relates to a vertically layered type solid electrolyte fuel cell (SOFC), and more particularly to a structure in which the fuel electrode tube serves both as a current collection means and as a support means.

#### Prior art

In solid electrolyte type fuel cells, stabilized zirconia (YSZ) in which yttria is present in solid solution in a zirconia ceramic is employed as the solid ion conductor, and the cell is formed by enclosing the electrolyte between a fuel electrode and an air electrode. When such stabilized zirconia is heated to 1000° C, it possesses the characteristics of becoming highly permeable to oxygen ions, exhibiting virtually no electron conductivity and being impermeable to oxygen and hydrogen gas and so forth, and hence these characteristics are employed in electrolytes. In this case, while the ion permeability is high, it is low when compared with other methods, and hence the solid electrolytes are formed in very thin membranes. This has the advantages that all the structural

Translation from Japanese -- AT Code 1597

ACADEMY  
TRANSLATIONS

Page 3

elements are thus solid and hence the structure of the cell is simplified, and because it operates at high temperatures, the electrode reactions are very active and efficient, and no catalyst and so forth is required.

On the other hand, because the solid electrolyte operates at 1000° C, the air electrode and fuel electrode must also operate in such high temperature atmospheres, and are subject to the effects of heating to high temperatures, strong oxidation and reduction reactions and thermal expansion and so forth. The air electrode should be chemically stable in a high temperature oxygen atmosphere, exhibit high electron conductivity, exhibit good oxygen gas permeability, and should be compatible to the thermal expansion of the electrolyte, and for example perovskite type complex lanthanide oxides are employed to form thin porous membranes that satisfy these requirements. The fuel electrode should exhibit good electron conductivity and should be compatible to the thermal expansion of the electrolyte, and should provide good combustion reaction with hydrogen and the reaction products thereof should be well eliminated, and hence for example cermets of mixture of metallic nickel and zirconia are employed to form thin porous membranes. Moreover, ceramics that are stable at high temperatures and exhibit good conductivity are also employed for the interconnectors that link pluralities of cells.

When cells are in fact constructed of such solid ceramic electrolytes and two electrodes and so forth, for example porous insulating supports that provide mechanical support with a plurality of layers of different types of thin membranes layered thereon are employed to form integrated three-layered membranes. Various spray and slurry methods are employed in order to meet the differing requirements for each of the membranes when thin membrane structures are employed.

Figure 3 illustrates an example of a tubular striped solid electrolyte fuel cell of the prior art. The fuel cell 1 possesses a porous insulating cylindrical supporting tube 2 formed of alumina and zirconia, and long single cells 3 are disposed axially upon the supporting tube 2. The air electrode 4 of a porous membrane of complex oxides is formed in the innermost part of the supporting tube 2, the solid electrolyte 5 of stabilized zirconia is formed on the outer circumferential surface of the air electrode 4, and the fuel electrode of a porous membrane of a cermet of nickel and zirconia is formed at the outermost part



Translation from Japanese - AT Code 1597

Acheson  
TRANSLATIONS

Page 4

of the outer circumferential surface of the solid electrolyte 5 to form an integrated three-layered membrane.

Moreover, an interconnector 7 of a ceramic having good conductivity is formed over the entirety of a portion of the outer circumferential surface of the air electrode 4 and is exposed to the exterior, and metallic current collectors 8 and 9 are in contact respectively with the interconnector 7 and the outermost fuel electrode 6 in order to form the outer current collecting circuit. The metallic current collectors 8 and 9 connect the fuel electrodes 6' and the interconnectors 7' respectively of other cells. Thus the overall fuel cell 1 consists of thin cylindrical cells 3 arranged in vertical stripes.

When the fuel cell 1 operates, the cells 3 are in an atmosphere at 1000° C and the oxygen in the air inside the supporting tube 2 and the hydrogen and so forth of the surrounding fuel are continuously supplied. In the air electrode 4, the oxygen reacts with and is ionized by the electrons that flow through the outer circuit and the oxygen ions pass through the solid electrolyte 5 and reach the fuel electrode 6. In the fuel electrode 6, the oxygen ions combine with the hydrogen to form electrons and water, and this electrochemical reaction generates electricity. In this case, the electricity from the cells 3 is collected in a hydrogen reducing atmosphere by the interconnectors 7 and the metallic current collectors 8 and 9 and is extracted.

#### Problems resolved by the present invention

However, in such cells of the prior art, in particular the fuel electrode 6 is a cermet of metallic nickel and zirconia in specified proportions and the metallic current collectors 8 and 9 are simply in contact with the fuel electrode 6, and hence the current collection resistance is high, leading to a reduction in the output of the cell. Moreover, the current collectors 8 and 9 are in contact with and link the adjoining cells such that operability is poor and it is difficult to achieve uniform contact resistance.

It has been thought that the formation of a metal or metallic mixture upon the outer surfaces of the interconnector 7 and the fuel electrode 6 would reduce the current collection resistance of the air electrode 4 and the fuel electrode 6, but the problems remained that this would be structurally complex, and that the reduction of the contact resistance with other cells was not resolved.

Translation from Japanese - AT Code 1597

ACAS  
TRANSLATIONS

Page 5

The present invention takes account of these problems and it is an objective of the present invention to provide a structure in which the supporting tube, fuel electrode and current collector parts are improved, current collection resistance is reduced and the structure is simplified.

#### Means employed in order to resolve the problems

The present invention provides a cylindrical solid electrolyte fuel cell in which the cell consists of at least fuel electrodes that are formed as tubes, solid electrolytes and air electrodes that are layered diametrically as a plurality of layers of thin membranes, the fuel electrodes and the air electrodes being provided with current collection means, such cylindrical solid electrolyte fuel cell possessing a cylindrical fuel electrode tube that possesses the functions of a mixed metal ceramic porous membrane fuel electrode, the fuel electrode tube possessing a metallic current accumulator part on the inner circumference thereof and the metal and ceramic mixture being inclined towards the direction of the thickness and serving as both a current collection means and a support means.

#### Action

In the present invention having the constitution described above, the fuel electrode tube that possess a fuel electrode function possesses a metallic current collector part on the inner circumferential surface thereof, and the inclination function of the metal in the direction of the thickness causes alignment under heating in high temperature atmospheres. Thus when the cell is operating, the electrons that are generated by the fuel electrode tube are collected with low resistance in the axial direction.

Moreover, when in high temperature atmospheres, the inclined function of the ceramic in the direction of the thickness links the solid electrolyte and the ceramic at high temperatures ensuring great adhesive strength and thermal compatibility between the solid electrolyte and the air electrode. Thus these three parts are firmly united over the entire circumferential and axial directions and the cell is supported in this linked state and no supporting body is required.

#### Practical Embodiment

The following is a description of the present invention on the basis of the drawings. Figure 1 and Figure 2 show the overall constitution of the cylindrical striped solid electrolyte fuel cell. 1 is the solid electrolyte fuel cell which possesses a relatively thick

Translation from Japanese - AT Code 1697

ACADemy  
TRANSLATIONS

Page 6

cylindrical fuel electrode tube 10, with single cells 3 being disposed in the fuel electrode tube 10. The fuel electrode tube 10 functions as a fuel electrode in all axial directions which is formed into porous membranes of cermet of mixed metallic nickel having good conductivity and stabilized zirconia which fits well under heat with the solid electrolyte 5. In this case, the fuel electrode tube is formed for example by spraying with the proportions of the materials in the mixture so controlled that there is more stabilized zirconia at the outer circumference and more metallic nickel at the inner circumference with the material inclined in the direction of the thickness so that a porous current collector 11 of nickel only is formed at the innermost circumference, which serves as both a current collector and a support.

Next, the constitution of the cell 3 is described in which a solid electrolyte 5 that consists of stabilized zirconia is formed over the entire axial outer circumference of the said fuel electrode tube 10, and an air electrode 4 that consists of a porous membrane of complex oxides is formed similarly on the outer circumference of the solid electrolyte 5. In this way, the cylindrical fuel electrode tube 10, the solid electrolyte 5 and the air electrode 4 form layers of thin porous membranes without spaces between them in the diametrical direction, effectively forming a single three-layered membrane. Thus, by reversing the dispositions of the fuel electrode 6 and the air electrode 4 from those of the prior art, hydrogen is supplied to the inner fuel electrode tube 10 and oxygen from the air is supplied to the outer air electrode 4.

On the other hand, because the constitution provides an external circuit that collects the current, a current collection ring 12 of metal is screwed into one end of the inner fuel electrode tube 10 in such a manner as to come into contact with the inner circumferential current collector part 11. Moreover, the current collection ring 13 engages portion of the air electrode 4, and the current collection rings 12 and 13 are linked to the other cells by the connecting cable 14.

Next, the action of the practical embodiment of the invention is described. First, when the fuel cell 1 is operating, the cell 3 forms a high temperature atmosphere at 1000° C and the fuel electrode tube 10, the solid electrolyte 5 and the air electrode 4 are heated to high temperatures. The inclined function of the nickel in the direction of the thickness within the fuel electrode 10 ensures the thermal compatibility of the places of

Translation from Japanese - AT Code 1597

Action  
Translations

Page 7

contact with the nickel current collector part 11 and thus a strong bond strength is maintained without stripping and so forth even under such high temperatures.

The places of contact between the fuel electrode tube 10 and the solid electrolyte 5 are places of contact between stabilized zirconia and stabilized zirconia due to the inclined function of the stabilized zirconia in the direction of the thickness in the fuel electrode tube 10, and are thermally compatible. Moreover, the places of contact between the solid electrolyte 5 and the air electrode 4 are between ceramic and ceramic and are naturally thermally compatible. Thus the fuel electrode tube 10, the solid electrolyte 5 and the air electrode 4 are strongly joined together over the entire circumferential and axial directions at high temperatures, such joined state supporting the cell 3 and rendering supports and the like unnecessary.

Next, the hydrogen fuel and so forth in the interior of the fuel electrode tube 10 and the oxygen in the surrounding air are continually supplied, and the fuel electrode tube 10, the solid electrolyte 5 and the air electrode 4 react electrochemically along their entire circumferential and axial directions, being multiple layers of thin membranes sandwiched axially with no spaces between them. In other words, in the high temperature atmosphere air electrode 4 the oxygen reacts vigorously with the electrons that flow through the outer circuit and is ionised and the ions pass through the high temperature atmosphere stabilized zirconia solid electrolyte 5 due to its characteristics. The oxygen ions that have passed through the solid electrolyte 5 combine vigorously with the hydrogen at the fuel electrode tube 10, producing a combustion reaction that yields electrons and water, and efficiently generating electricity.

At this time, electricity is generated along the entire axial area in the fuel electrode tube 10 and the electrons are collected with low resistance by the inner circumferential nickel current collector part 11, and the electrons are extracted by means of the current collection ring 12 and the connecting cable 14. The connecting cable 14 and the current collection ring 13 conduct the electrons well in the air electrode 4.

While the foregoing describes the present invention, fuel electrode tubes formed of different materials and possessing different structures may of course also be applied in a similar fashion.

Translation from Japanese - AT Code 1597

ACROSS  
TRANSLATIONS

Page 8

### Effects of the invention

The present invention as described above provides a cylindrical solid electrolyte fuel cell which possesses a cylindrical fuel electrode tube which possesses the function of a porous membrane fuel electrode consisting of a mixture of metal and ceramic, and such fuel electrode tube being constituted with a metallic current collector part on the inner circumferential surface thereof, the current collection resistance in the axial direction on the fuel electrode side is greatly reduced. Moreover, the proportions of the mixture of the metal and the ceramic in the fuel electrode tube are inclined in the direction of the thickness and the solid electrolyte tube is so constituted as to closely join the solid electrolyte thermally and mechanically in a high temperature atmosphere, with the result that supports and so forth are unnecessary and the constitution of the cell is simplified, and such simplification of the constitution reduces the manufacturing time and reduces costs. Because the fuel electrode tube is constructed of a metal and ceramic material, it is of low cost. Moreover, being cylindrical striped in form, the cylindrical fuel electrode tube, the solid electrolyte and the air electrode form a multi-layer sandwich of thin porous membranes in the diametrical direction with no spaces between them, and thus provide increased efficiency of electricity generation, while because adjoining cells are linked by means of the current collector rings and connecting cables, when the cells are formed into modules, they provide excellent operability and reduced resistance.

### 4. Simplified description of the drawings

Figure 1 is a cross-sectional drawing illustrating a practical embodiment of the cylindrical solid electrolyte fuel cell envisaged by the present invention.

Figure 2 is an oblique overall view of the same practical embodiment.

Figure 3 is a cross-sectional drawing illustrating a cylindrical stripe type solid electrolyte fuel cell of the prior art.

### Explanation of symbols

1 Cylindrical solid electrolyte fuel cell, 3 Cell, 4 Air electrode, 5 Solid electrolyte, 10 Fuel electrode tube, 11 Current collector part

Translation from Japanese - AT Code 1597

ACORD  
TRANSLATIONS

Page 9

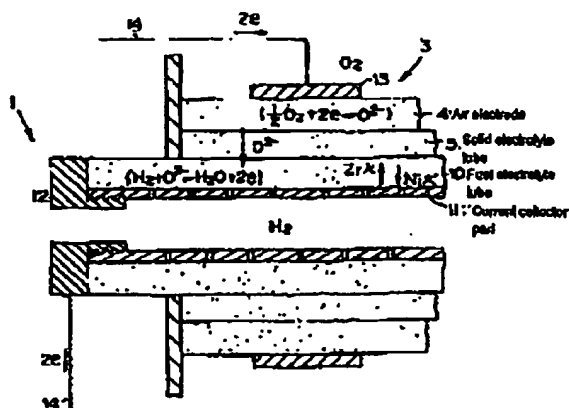


Figure 1

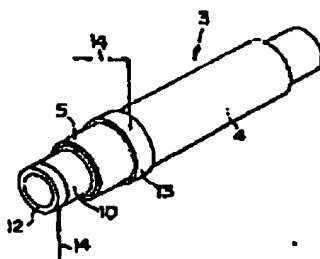


Figure 2

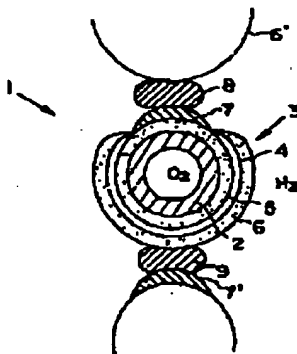


Figure 3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**